



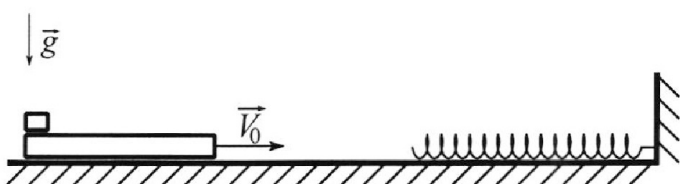
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 2$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 27$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

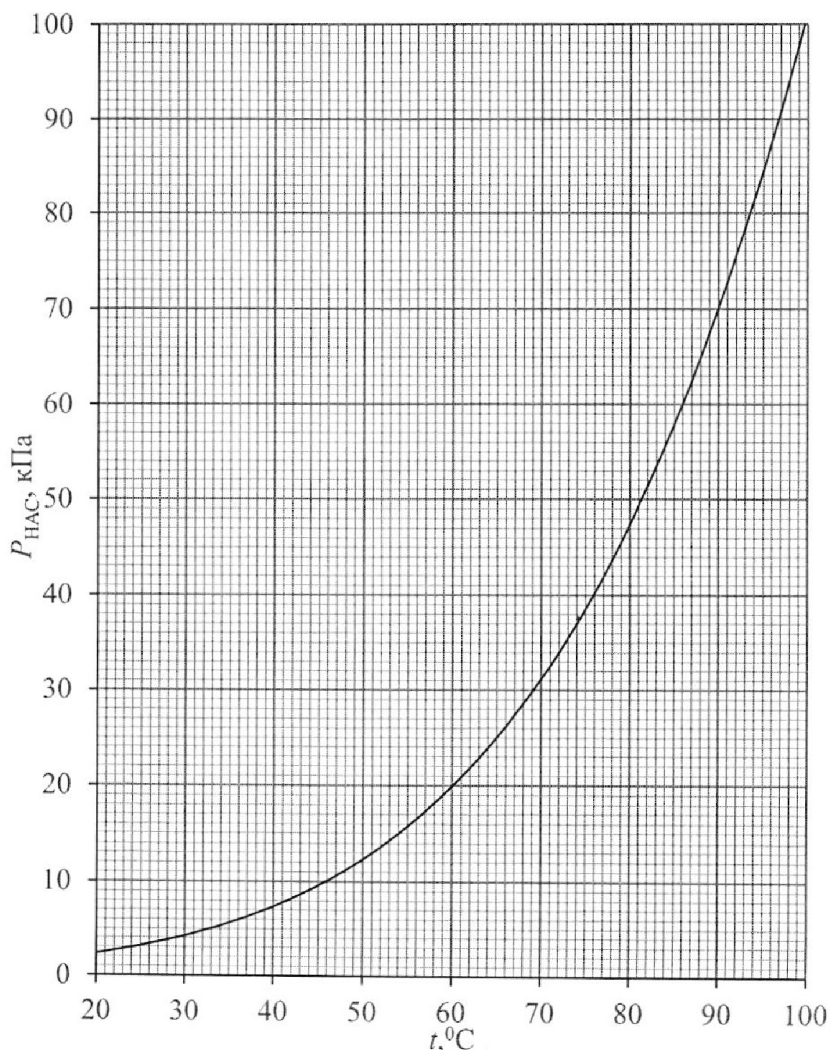


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 150$ кПа, температуре $t_0 = 86$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 2/3$ (66,7%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 46$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 86 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

Объёмом жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





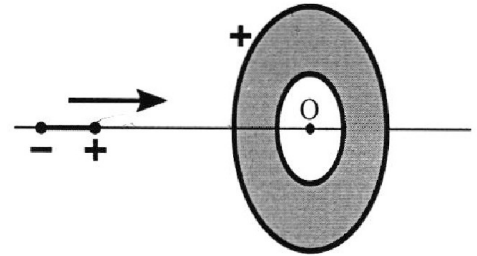
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

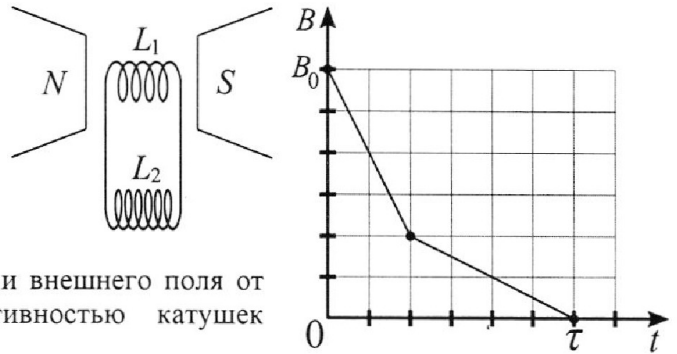


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Диполь сообщают начальную скорость $2V_0$.



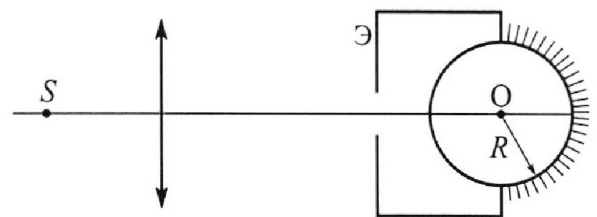
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_1 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,5F$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 8F/3$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 2F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$v_0 = 2 \text{ м/с}$$

в нек. мом.

дана нач. скор.

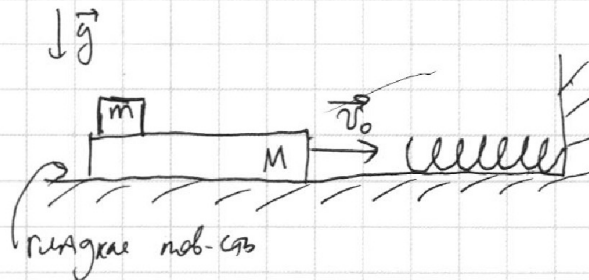
длина пружины
пр. с $k = 2 \text{ Н/м}$.

$M = 0,3 \text{ - коэффициент трения}$ между бруском и доской

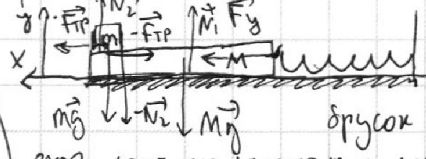
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\pi \approx 3$$

искать.
| пружина и доска движ. в одной
вертик. пл-ти



Решение:



брусок хочет двигаться
вправо, но не может, а доска движ. его толкает.
Спроецируем 2ЗН на ось X и ось Y:

$\sum \vec{F}_i = m \vec{a}_1$ где $\vec{a}_1$ - ускор. бр. в этот момент

$$\sum \vec{F}_i = m \vec{a}_1$$

$$\sum \vec{F}_{ii} = M \vec{a}_2$$

$$\textcircled{1}: M a_{2x} = F_g - F_{TP}$$

$$\textcircled{2}: M a_{2y} = N_2 - m g - N_1 = 0$$

1) ~~искать~~

Δx_2 - сжатие пружины в момент, когда начн. относ. движ. бруска и доски?

2) T - трение бр. с момент нач. ск. пружины в этот момент относ. движ. бр. и доски

3) a_{2y} ?

уск. доски в момент макс. сж. пр.

$$\textcircled{1}: m a_{1x} = F_{TP}$$

$$\textcircled{2}: N_2 = m g$$

$$F_{TP} \leq \mu N_2 = \mu m g$$

$$\Rightarrow a_{1x} \leq \mu g$$

$$F_{\text{д}} = k \Delta x - 3 \text{ Н}$$

В момент, когда только-только начнется относительное ск-ти бруска и доски будут еще равны:

ЗСЭ:

$$\frac{(m+M)v_0^2}{2} = \frac{(m+M)v_1^2}{2} + \frac{k \Delta x_1^2}{2}$$

считаем, что в момент, когда только-только начнется относ. движение, пружина еще не была сжата.

$$\text{В этот момент } F_{TP} = \mu m g: \begin{cases} M a_{2x} = k \Delta x - \mu m g \\ m a_{1x} = \mu m g \end{cases}$$

В момент прощания:

В этот момент ускорение a_{2x} и a_{1x} (брусок и доска) равны, так как они движутся вместе.

до этого момента их скорости и ускорения были одинаковыми

(иначе пружина была бы сжата или растянута в этот момент)

равны. Уск. бр. и доск. равны, а значит и ускор. пружины.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

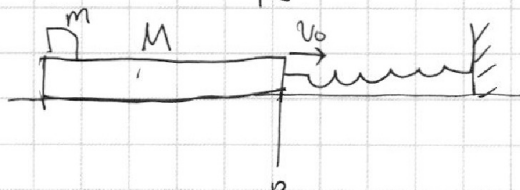
СТРАНИЦА
2 из 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{k}{M} \Delta x - \mu \frac{m}{M} g = \mu g$$

$$\Delta x = \mu g \left(1 + \frac{m}{M}\right) \cdot \frac{M}{k}$$

$$\Delta x = \mu g \frac{(M+m)}{k}$$



используем деформацию

$$\Delta x = 0,3 \cdot 10 \cdot \left(1 + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{2}{24} \text{ (м)}$$

$$\Delta x = 3 \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{24} = \frac{1}{3} \text{ м} \approx 0,33 \text{ м}$$

пружина удлинилась, она может себе позволить так растянуться.

Будем рассм. шч. из пружины и груза

$$\text{го их отн. протн.: } k x' = -(M+m) \ddot{x}'$$

$$k x' + (M+m) \ddot{x}' = 0 \rightarrow \frac{k}{M+m} x' + \ddot{x}' = 0 \quad \leftarrow \text{уравнение колебаний}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

$$x' = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)$$

$$x'(0) = 0 \text{ м; } x'(0) = A + B \cdot 0 \Rightarrow A = 0 \Rightarrow x' = B \sin(\omega t)$$

$$x'(\tau) = \Delta x = \mu g \frac{(M+m)}{k}$$

$$B \sin(\omega \tau) = \mu g \frac{(M+m)}{k}$$

B — амплитуда — в данном случае $x'_{\max}$, если бы пружина и груз не протн. протн. отн. друг друга

З(г):

$$\frac{(M+m) v_0^2}{2} = \frac{(M+m) \cdot 0^2}{2} + \frac{k (x'_{\max})^2}{2} \Rightarrow \sqrt{\frac{M+m}{k}} v_0 \sin(\omega \tau) =$$

$$= \mu g \frac{(M+m)}{k}$$

$$\sin(\omega \tau) = \frac{\mu g}{v_0} \sqrt{\frac{M+m}{k}} \Rightarrow \sin(\omega \tau) = 0,3 \cdot \frac{10}{24} \sqrt{\frac{24}{24}}$$

$$\sin(\omega \tau) = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3}$$

$$\sin(\omega \tau) = \frac{1}{2}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\sin(\omega\tau) = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} \omega\tau = \frac{\pi}{6} \\ \omega\tau = \frac{5\pi}{6} \end{cases}$$

$$\tau = \frac{\pi}{6} \cdot \sqrt{\frac{M+m}{K}} \approx \frac{3}{6} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{6} \approx 0,17 \text{ c}$$

$$\tau = \frac{5\pi}{6} \sqrt{\frac{M+m}{K}} \approx \frac{5 \cdot 3}{6} \cdot \frac{1}{3} = \frac{5}{6} \approx 0,83 \text{ c}$$

$$\dot{x}' = \omega B \cos(\omega t) \text{ , а в данн. мом. вр. } \dot{x}'(\tau) = \omega B \cos(\omega\tau)$$

до н.м. просканиз. в произв. мом. вр. при ск. пр.:

$$\frac{Kx'}{M} - \frac{M}{M+m} \frac{F_0}{K} = \frac{M}{M+m} \frac{F_0}{m}$$

$$x' = \frac{M}{K} \left(\frac{m+m}{M} \right) \frac{F_0}{m}$$

$$x' = \frac{F_0}{K} \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M} \right) \cdot M$$

$$x' = \frac{F_0}{K} \frac{M+m}{m}$$

Если РАССМ. АУДИТИ, то в который он устр. без отрыва и после момента переориентировки напр. м-ти, то ур-е 23Н будут те же.

Т.О. Все ЗАВ-т от сгр. ползунки стандартн ур-ам, они РАБ. без выключ.

Т.к. это момент начала просканизирования

т.е. действително, н.д. того, что просканизир-вание началось после того как их СК-та изменила напр-е, $\cos(\omega\tau)$ н.д. < 0 и вариант $\omega\tau = \frac{5\pi}{6}$ подходит.

Однако, Т.к. эти варианты, то пока будем рас. они будут оба математически корректны, после отрыва ур-е изменили. А Т.О. СРАБОТАЕТ только вариант $\omega\tau = \frac{\pi}{6}$, т.к. после того произойдет отрыв, а второй вариант не будет подходить в данном случае.

$$\text{Т.О. } \tau \approx 0,17 \text{ c.}$$

Найдем ускорение груза в момент максимального ската пружины:

Найдем ~~макс. устр.~~ ~~макс. устр.~~

Т.к. $\cos(\frac{\pi}{6}) > 0 \Rightarrow$ в момент макс. отрыва $v > 0 \Rightarrow$ максимальное скате произойдет после отрыва, т.к. грузик и груз на поле

копая с пружиной задерж. и в мом. макс. ск. $v=0$.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
4 из 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

П.о. нужно учитывать то, что ускорения бруска и груза не одинаковы, а сила трения, пока происходит скольжение, равна $F_{тр} = \mu mg$.

23Н: пружина длин. бл. поле отрыва $\sim 500\text{г.}$

⊗: $Ma_{x2} = Kx' - \mu mg$
 $m a_{x2} = \mu mg$

$$\Rightarrow a_{x2} = \frac{K}{m} x' - \mu \frac{m}{m} g$$

$$a_{x1} = \mu g$$

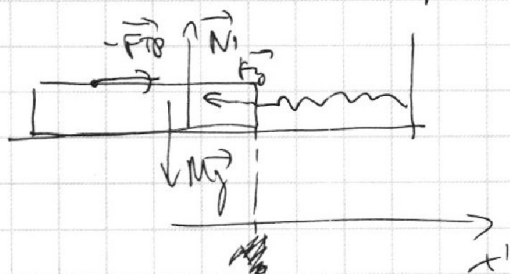
$$a_{x2} \neq a_{x1}$$

пружина протягивает сильнее, т.е. $a_{x2} > a_{x1}$ ($x' \uparrow$).

В момент отрыва $a_{x2} = a_{x1}$, т.е. закон, т.к.

т.о. груз быстрее тормозит, чем брусок.

П.о. она останется равнее, чем брусок и их см-н не будут равны до их отрыва $\Rightarrow$ все это время сила трения бруса $= \mu mg$.



$$M \ddot{x}' = \mu mg - Kx'$$

$$\ddot{x}' + \frac{K}{M} x' = \frac{\mu mg}{M}$$

⊗ гарм. колеб.

где это происходит в момент отрыва груза.

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{M}} \Rightarrow x' = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)$$

$$x' = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)$$

$$x'(0) = \frac{\mu g (M+m)}{K} \Rightarrow A = \frac{\mu g (M+m)}{K}$$

$$x' = A_1 \cos(\omega t) + B_1 \sin(\omega t)$$

$$\ddot{x}' = -\omega^2 A_1 \sin(\omega t) + \omega^2 B_1 \cos(\omega t)$$

$$\ddot{x}' = -\omega^2 A_1 \cos(\omega t) + \omega^2 B_1 \sin(\omega t)$$

$$A \cos(\omega t)$$

$$\ddot{x}' = -\omega^2 B_1 \sin(\omega t)$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
5 из 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$x' = A_1 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$x'(0) = \frac{mg(M+m)}{k} \Rightarrow A_1 \cos \varphi_0 = \frac{mg(M+m)}{k}$$

$$\dot{x}'(t_2) = 0$$

max. разг.

$$\dot{x}' = -\omega A_1 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$-\omega A_1 \sin(\omega t_2 + \varphi_0) = 0$$

$$\sin(\omega t_2 + \varphi_0) = 0$$

Аналогично, выбираем минимальный
корень: $\omega t_2 + \varphi_0 = 0$

$$\varphi_0 = -\omega t_2$$

$$\ddot{x}'(t_2) = -\omega^2 A_1 \cos(\omega t_2 + \varphi_0)$$

$$\ddot{x}'(t_2) = -\omega^2 A_1, \text{ при этом } A_1 - \text{амплитуда, т.е. вжатая сжат.}$$

как сж. пружины.

$$\ddot{x}'(t_2) = \frac{mgm}{M} - \frac{kA_1}{M}$$

$$\frac{mgm}{M} - \frac{kA_1}{M} = -\omega^2 A_1$$

$$\frac{mgm}{M} = -\frac{k}{M} A_1 + \frac{k}{m} A_1$$

т.к. м.д.с.

$\Rightarrow$ макс. разг.:



Важно! 0 время и еще $x' = 0$ (она вращалась. Она го
 x' , но мы имеем возможность ее увидеть).

$$x'(0) = 0 \Rightarrow A_1 = 0, x' = B_1 \sin(\omega t); \text{ А } x' = 0, \ddot{x}' = \frac{mgm}{kM}.$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
6 ИЗ 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~~$$\ddot{x}' = -\omega^2 B_1 \sin(\omega t)$$
$$\dot{x}' = \omega B_1 \cos(\omega t)$$
$$\ddot{x}' = -\omega^2 B_1$$~~

$\omega B_1 \cos(\omega t_2) = 0 \Rightarrow$
 $\cos(\omega t_2) = 0$

поэтому $\begin{cases} \ddot{x}'(0) = \frac{\mu g}{M} \Rightarrow \\ x'(0) = 0 \end{cases}$

$$\frac{(M+m)v_1^2}{2} = \frac{K \Delta x_1^2}{2} - \frac{(M+m)v_0^2}{2}$$

$$v_1^2 = \frac{K}{M+m} \cdot \frac{\mu g (M+m)}{K} - \frac{(M+m)v_0^2}{2}$$

$$v_1^2 = \frac{(\mu g)^2 (M+m)}{K} - \frac{(M+m)v_0^2}{2}$$

в макс. отж.

зат:

и газные:

~~НЕ + ААААА~~

~~ААА~~

Отв: 1) 0,33 м; 2) 0,17 с

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

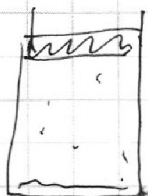
$$\frac{p_0}{x} = 1 + \frac{p_{c,0}}{p_{n,0}}$$

$$x = \frac{p_0}{1 + \frac{p_{c,0}}{p_{n,0}}} = \frac{150 \text{ (кПа)}}{1 + \frac{120}{40}} = \frac{40 \cdot 150}{40 + 120} = 40 \text{ кПа}$$

$$\begin{array}{r} 150 \overline{) 40} \\ 12 \overline{) 120} \\ 36 \overline{) 360} \\ 20 \overline{) 200} \end{array}$$

по графику $t^* = 76^\circ\text{C}$

и $x = p_{n,n}(t^*)$, мы нашли x , тогда макс. погр. t^*



$$p_0 V_0 = (v_{c,0} + v_{n,0}) R t_0$$

$$p_0 V = (v_{c,0} + v_{n,2}) R t$$

В конце опыта,

когда сконденс. некоторое кол-во пара.

$$\frac{V_0}{V} = \frac{(v_{c,0} + v_{n,0}) t_0}{(v_{c,0} + v_{n,2}) t}$$

т.к. после того, как t^* темп. газа понижается до 76°C , пар происходит конденс. $\Rightarrow$ он был насыщенным:

$$v_{n,2} R t = p_{n,n}(t) \cdot V$$

$$v_{c,0} R t = (p_0 - p_{n,n}(t)) V$$

из уравнения
 $p_{n,n}(t) = 10 \text{ кПа}$

т.к. $p_{n,n}$ задан. на графике.

$$\frac{v_{c,0}}{v_{n,2}} = \frac{(p_0 - p_{n,n}(t))}{p_{n,n}(t)}$$

$$\Rightarrow v_{c,0} = 2 v_{n,2} ; \frac{v_{c,0}}{v_{n,0}} = \frac{p_{c,0}}{p_{n,0}}$$

$$\frac{V_0}{V} = \frac{(v_{c,0} + v_{n,0}) t_0}{(v_{c,0} + \frac{v_{c,0}}{2}) t}$$

$$\begin{array}{r} 297 \\ + 86 \\ \hline 383 \end{array}$$

$$\frac{V_0}{V} = \frac{(1 + \frac{p_{c,0}}{p_{n,0}}) t_0}{(1 + \frac{p_{n,n}(t)}{p_0 - p_{n,n}(t)}) t} = \frac{(1 + \frac{40}{110}) \cdot (297 + 86)}{(1 + \frac{10}{150 - 10}) (297 + 46)}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

☐☒☐☐☐☐☐

СТРАНИЦА
3 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{V_0}{V} = \frac{\left(1 + \frac{4}{11}\right) (2+3+86)}{\left(1 + \frac{1}{14}\right) (2+3+46)} = \frac{\frac{15}{11} \cdot 91}{\frac{15}{14} \cdot 51} = \frac{5026}{3509}$$

Ответ: 1) 40 кПа; 2) 76°C; 3) $\frac{5026}{3509}$.

$$\begin{array}{r} 5026 \overline{) 3509} \\ \underline{3509} \\ 1517 \end{array}$$

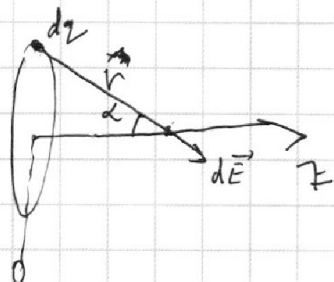
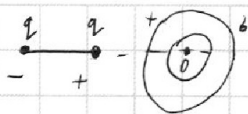


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$dE = \frac{Kdq}{r^2}$$

$$dE_z = dE \cos \alpha = \frac{Kdq}{r^2} \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{z}{r} \Rightarrow dE_z = \frac{Kdq}{r^2} \frac{z}{r} = \frac{Kdq \cdot z}{(z^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$r = \sqrt{z^2 + R^2}$$

$$E_K = \frac{KQz}{(z^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$E_A = \int dE_A$$

← разбиваем кольцо на элементы или на малые дуги

$$E_A = \int dE_A = \int \frac{Kz}{(z^2 + R^2)^{3/2}} \cdot \delta \cdot 2\pi R dR = K\delta \cdot 2\pi \int \frac{R dR}{(z^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$= K\delta \cdot 2\pi z \int \frac{R dR}{(z^2 + R^2)^{3/2}} = K\delta \cdot 2\pi z \int \frac{d(R^2)}{(z^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$\frac{d(R^2)}{dR} = 2R \Rightarrow R dR = \frac{d(R^2)}{2}$$

$$= K\delta \cdot 2\pi z \int_{R_1}^{R_2} \frac{d(R^2)}{(R^2 + z^2)^{3/2}} =$$

$$= K\delta \cdot 2\pi z \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) \cdot \frac{1}{(R^2 + z^2)^{1/2}} \Bigg|_{R_1}^{R_2} =$$

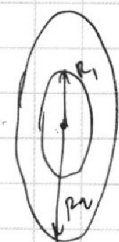
$$= K\delta \cdot 2\pi z \left(-\frac{1}{2}\right) \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{z^2 + R_2^2}} - \frac{1}{\sqrt{z^2 + R_1^2}}\right) =$$

$$= \frac{2K\delta \pi z}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{z^2 + R_1^2}} - \frac{1}{\sqrt{z^2 + R_2^2}}\right)$$

$$E_A = 0 \quad \text{т.н. } z \rightarrow \infty$$

$$\varphi(\infty) = 0$$

$$\varphi(z) = -\int E dz \quad \checkmark \text{ найти потенциал от этого гуска.}$$





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

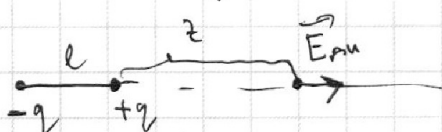
$$\varphi(z) = 2 \int \frac{k \delta \pi z}{\sqrt{z^2 + R_1^2}} \cdot \frac{dz}{\sqrt{z^2 + R_1^2}} - 2 \int \frac{k \delta \pi z}{\sqrt{z^2 + R_2^2}} \cdot \frac{dz}{\sqrt{z^2 + R_2^2}} =$$

$$= \frac{k \delta \pi}{\sqrt{z^2 + R_1^2}} \int d(z^2) - \frac{k \delta \pi}{\sqrt{z^2 + R_2^2}} \int d(z^2) =$$

$$= \frac{k \delta \pi}{\sqrt{z^2 + R_1^2}} \int d(z^2 + R_1^2) - \frac{k \delta \pi}{\sqrt{z^2 + R_2^2}} \int d(z^2 + R_2^2) =$$

$$= \frac{2k \delta \pi}{\sqrt{z^2 + R_1^2}} (z^2 + R_1^2)^{\frac{1}{2}} - \frac{2k \delta \pi}{\sqrt{z^2 + R_2^2}} (z^2 + R_2^2)^{\frac{1}{2}} =$$

$$= 2k \delta \pi \left(\sqrt{z^2 + R_1^2} - \sqrt{z^2 + R_2^2} \right)$$



Когда нач. ск-ть $= V_0$, она евл.

миним. $\Rightarrow$ преломл. центр гуска ск-ть его стандарт $= 0$.

Т.о. из 3х:

$$W_1 = \frac{2mV_0^2}{2}, \text{ где } m - \text{масса тол.з.}$$

БЛЭЭ

$$\vec{F}_n = q[\vec{v}; \vec{B}]$$

$$\frac{2mV_0^2}{2} + 0 = \frac{1}{2} \sum q_i q_i$$

$$\frac{2 \cdot 4mV_0^2}{2} + 0 = \frac{1}{2} \sum q_i q_i + \frac{mV_1^2}{2} \Rightarrow \frac{mV_1^2}{2} = 2mV_0^2 \Rightarrow V_1 = \sqrt{2}V_0$$

$$E_{nu} = E_+ - E_-$$

$$E_{nu} = \frac{kq^2}{z} - \frac{kq^2}{z+l}$$

$$E_{nu} = kq^2 \left(\frac{z+l-z}{z+l} \right)$$

$$E_{nu} = \frac{kq^2 \cdot l}{(z+l)}$$

или гусак

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{[d\vec{e}, \vec{r}]}{r^3}$$

з-е Био-Савара-Лапласа





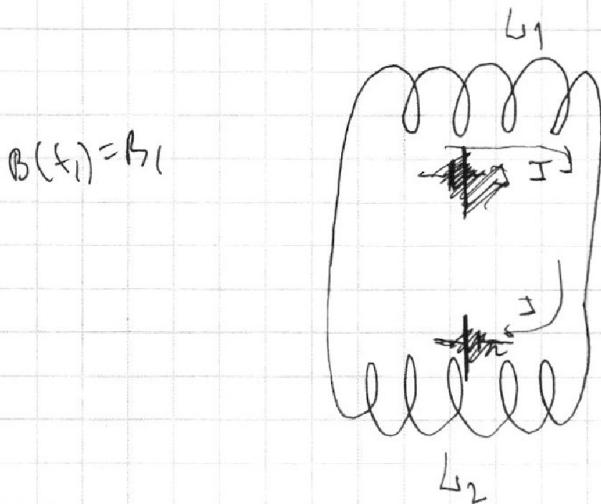
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\Phi_1 = B \cdot S_1 \cdot n$$

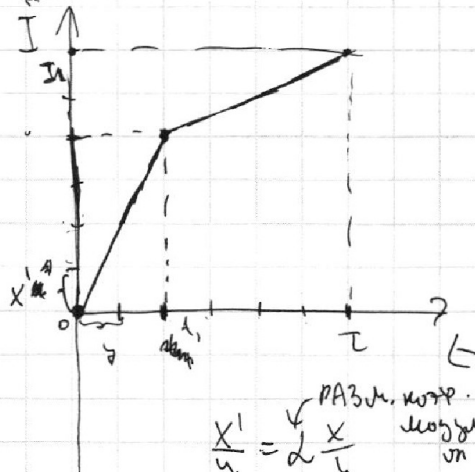
для катушки

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\mathcal{E} = -L \dot{I}$$

$$\mathcal{E} = \dot{\Phi} = \dot{B} S_1 n$$

с учетом, что магнитный поток в катушке равен



$$-(L_2 + L_1) \dot{I} = \dot{B} S_1 n$$

$$-5L \dot{I} = \dot{B} S_1 n$$

↑ прирост тока

по в.р. в катушке. маг. п. по в.р. по в.р. в катушке. маг. п. по в.р.

поэтому график $I(t)$:

$$B_0 = 6x$$

$$\tau = 6y$$

$$t_1 = 2y$$

↑ прирост графика

точка на г.р. в.р.

$$t \in [0; t_1]:$$

$$\dot{B} = -\frac{4x}{4y} = -\frac{x}{y}$$

$$t \in [t_1; \tau]:$$

$$\dot{B} = -\frac{2x}{4y} = -\frac{x}{2y}$$

с I
коэф. наклона также не поменялся, т.е. по в.р. в катушке. маг. п. по в.р.

зн. (от B)

$$-(L_2 + L_1) \int_0^{I_1} dI = S_1 n \left(\int_{B_0}^{B_1} dB + \int_{B_1}^0 dB \right)$$

$$-(L_2 + L_1) I_1 = S_1 n (B_1 - B_0 + 0 - B_1) \Rightarrow I_1 = \frac{S_1 n B_0}{L_1 + L_2} = \frac{n B_0 S_1}{5L}$$

Затем почитаем как магнитный по ток график $I(t)$:

$$q = 4x' \cdot 2y \cdot \frac{1}{2} + \frac{4+6}{2} \{ x' \cdot 4y = 4x' \cdot y + 20x' \cdot y = 24x' \cdot y \}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

☐☐☐☒☐☐☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$6X' = \frac{nB_0 S_1}{5L} \Rightarrow X' = \frac{nB_0 S_1}{30L}$$

$$6y = \tau \Rightarrow y = \frac{\tau}{6}.$$

$$q = 24 \cdot \frac{nB_0 S_1}{30L} \cdot \frac{\tau}{6} = \frac{4}{30} \frac{nB_0 S_1 \tau}{L} = \frac{2}{15} \frac{nB_0 S_1 \tau}{L}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{nB_0 S_1}{5L}; 2) \frac{2}{15} \cdot \frac{nB_0 S_1 \tau}{L}.$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

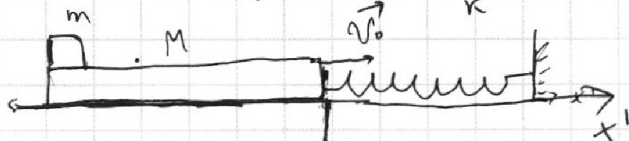
СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{k}{M} \Delta x - \mu mg = Mg$$

$$\Delta x = Mg \left(1 + \frac{m}{M}\right) \cdot \frac{M}{k}$$

$$\Delta x = Mg \frac{(M+m)}{k}$$



Будем расс. движение по x' и точке соприкосн. пруж.:

$$kx' = -(M+m)\ddot{x}'$$

$$kx' + (M+m)\ddot{x}' = 0$$

$$\frac{k}{M+m} x' + \ddot{x}' = 0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

$$x' = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)$$

$$x'(0) = 0 \Rightarrow x'_0 = A + B \cdot 0 \Rightarrow A = 0 \Rightarrow x' = B \sin(\omega t)$$

$$x'(\tau) = \Delta x = \frac{Mg(M+m)}{k}$$

$$B \sin(\omega \tau) = \frac{Mg(M+m)}{k}$$

В B -амплитуда — $x'_{\max}$, или бы пруж. и масса не нач. проскальз. от. друг друга.

ЗСЭ:

$$\frac{(M+m)v_0^2}{2} = \frac{(M+m) \cdot 0^2}{2} + \frac{k(x'_{\max})^2}{2} \Rightarrow$$

$$\sqrt{\frac{M+m}{k}} v_0 = x'_{\max} \Rightarrow B = \sqrt{\frac{M+m}{k}} v_0 \Rightarrow$$

$$\sqrt{\frac{M+m}{k}} v_0 \sin(\omega \tau) = \frac{Mg(M+m)}{k}$$

$$\sin(\omega \tau) = \frac{Mg}{v_0} \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

$$\Rightarrow \sin(\omega \tau) = \frac{0.3 \cdot 10}{2} \sqrt{\frac{2+1}{27}}$$

$$\sin(\omega \tau) = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{2}$$

пружина g миним., μ —
она может себе позволить
так сделать.

у-е гармонич. колеб.

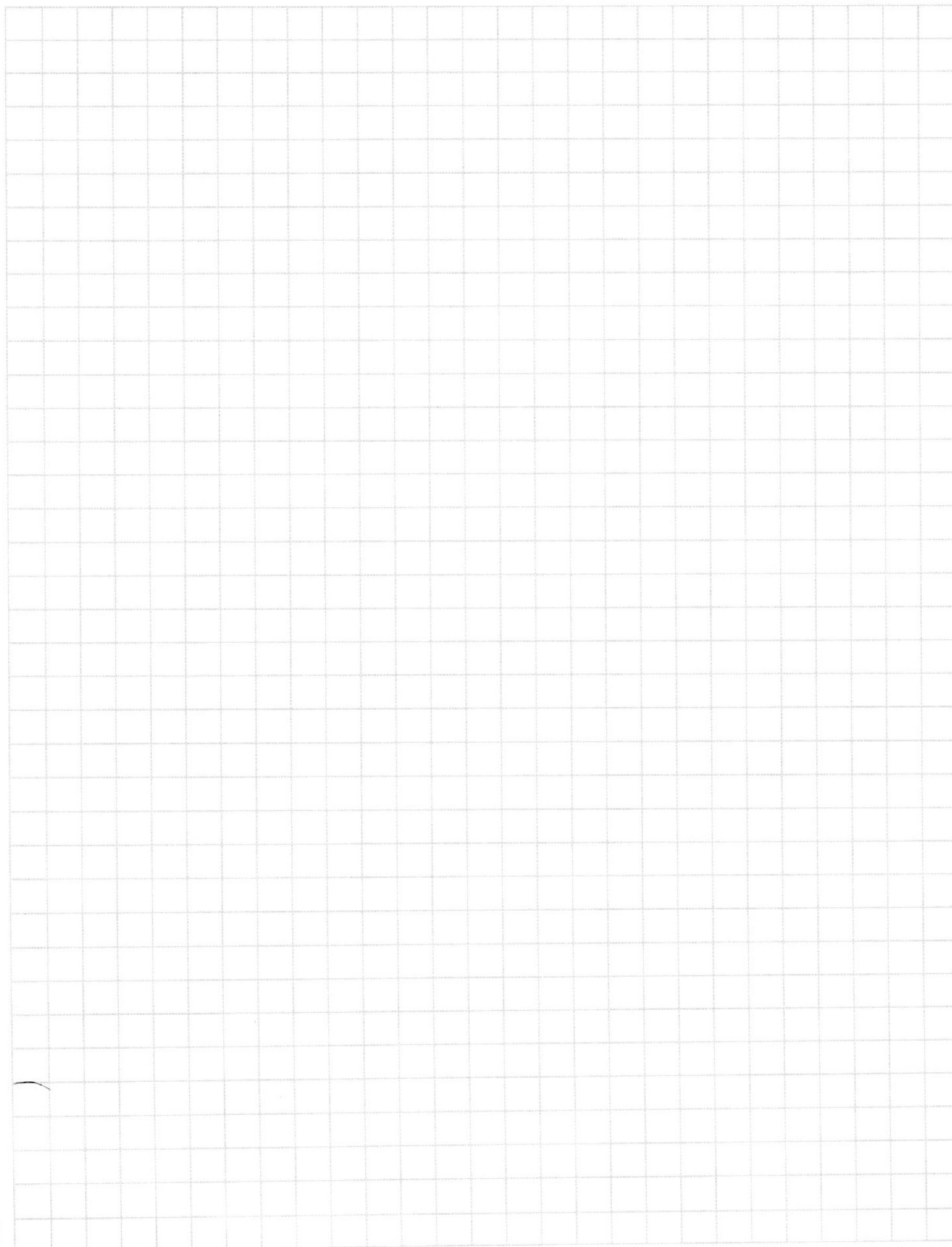


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА

3 ИЗ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{V_0}{V} = \frac{\left(1 + \frac{4}{11}\right) \cdot 359}{\left(1 + \frac{1}{14}\right) \cdot 319} = \frac{\frac{15}{11} \cdot 359}{\frac{15}{14} \cdot 319} = \frac{14 \cdot 359}{11 \cdot 319}$$

~~$\frac{V}{V_0} = \frac{11 \cdot 319}{14 \cdot 359} =$~~

$$\frac{V}{V_0} = \frac{11 \cdot 319}{14 \cdot 359} = \frac{3503}{5026}$$

$\begin{array}{r} 23 \\ 359 \\ \cdot 14 \\ \hline 1436 \\ 389 \\ \hline 5026 \end{array}$	$\begin{array}{r} 319 \\ \cdot 11 \\ \hline 319 \\ 319 \\ \hline 3509 \end{array}$
---	--



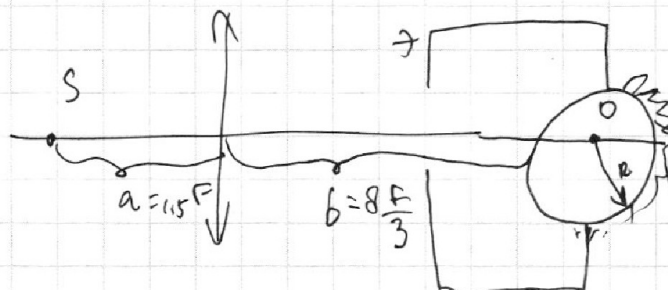
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐

СТРАНИЦА

1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

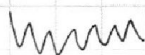
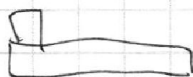
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!



mv